



PROGRAMME: TECHNOLOGIE DE L'ÉLECTRONIQUE INDUSTRIELLE (243.C0)

PLAN D'ÉTUDES
Automne 2013

COMMANDE ÉLECTRONIQUE
243-526-SH
3-3-3 (3 unités)

Groupe: 2320



Préalable: Chaîne de mesure (243-327-SH)
Électronique de puissance (243-416-SH)

Préalable à: Régulation et asservissements (243-626-SH)
Projet d'électronique industrielle (243-649-SH)

Enseignant: Émile Germain
Bureau: 2-48-212
☎564-6350 poste 4091
✉: emile.germain@cegepsherbrooke.qc.ca

NOTES PRÉLIMINAIRES

Le cours "Commande Électronique" est un cours de la cinquième session appartenant au fil conducteur de l'instrumentation et de la régulation de procédé. Comme son nom l'indique, il appartient également au fil conducteur de l'Électronique industrielle.

Ce cours a pour rôle principal d'amener les élèves à utiliser la commande analogique et numérique de systèmes via l'électronique de puissance associée. Le cours de "Commande Électronique" permettra d'asseoir sur des bases solides la capacité d'utiliser et de mettre en œuvre les technologies de la commande électronique industrielle. Le cours doit aussi permettre de faire des mesures de façon sécuritaire et d'interpréter les résultats afin de pouvoir diagnostiquer les problèmes et y remédier.

Dans le domaine de la commande électronique, le problème consiste à construire et à appliquer des dispositifs permettant le traitement de signaux analogiques et numériques. Ces dispositifs seront la plupart destinés à commander des convertisseurs statiques.

Les cours "**Électronique de puissance**" (243-416-SH) et **"Chaîne de mesure"** (243-327-SH) sont préalable afin de suivre le cours "**Commande Électronique**" (243-526-SH). De plus, le cours "**Commande Électronique**" (243-526-SH) sera préalable au cours "**Projet d'électronique industrielle**" (243-649-SH) et à **"Régulation et asservissement"** (243-626-SH).

Dans ce cours, on utilisera méticuleusement des équipements, composantes électroniques et instruments de mesure complexes, onéreux et relativement fragiles. Le niveau de préparation des interventions ainsi que la rigueur dans le branchement constituent des compétences transférables à de nombreuses autres situations de la vie professionnelle d'un technologue en électronique industrielle.

MODALITÉS D'ENCADREMENT

Je suis disponible en dehors de mes heures de cours. Vous trouverez mon horaire affiché à l'entrée du mon bureau. Il est préférable de rencontrer le professeur avant afin de réserver un moment précis. Vous pouvez toujours passer à mon bureau sans rendez-vous, si je suis disponible il me fera plaisir de vous rencontrer. Un contact par "MIO" est toujours possible pour prévoir une rencontre.

TEXTE MINISTÉRIEL

436 Vérifier des signaux et des alimentations de très basse tension.
- À l'aide de plans, de schémas et de documentation technique.
- À l'aide d'appareils de mesures.

43C Régler le fonctionnement des éléments finals de contrôle.
- À l'aide d'appareils de mesures.
- À l'aide de plans, de schémas et de documentation technique.

43E Participer à la mise en service d'un système de contrôle-commande.
- À l'aide de plans, de schémas et de documentation technique.
- À l'aide d'appareils de mesures et générateurs de signaux.

43G Effectuer le dépannage d'un système de contrôle-commande.
- À l'aide de plans, de schémas et de documentation technique.
- À l'aide d'appareils de mesures, générateurs de signaux et collecteurs de données.
- À l'aide de logiciels et d'outils manuels.

43H Participer à la conception d'un projet de contrôle-commande.
- En collaboration de personnes ressources.
- À l'aide de logiciels et simulateurs

OBJECTIFS GÉNÉRAUX

ÉLÉMENTS DE COMPÉTENCES

Ce cours favorisera le développement des systèmes de contrôle-commande ainsi que de méthodes de dépannage pour les circuits électroniques.

À la fin de ce cours, l'élève devra être en mesure de:

- ✓ Vérifier des signaux et des alimentations de très basse tension.
  - Préparer la prise de mesure ou l'acquisition de données.
  - Prendre les mesures ou procéder à l'acquisition de données.
  - Analyser les données.
  - Consigner de l'information.

- ✓ Régler le fonctionnement des éléments finals de contrôle.
  - Analyser le fonctionnement du convertisseur et de l'actionneur.
  - Configurer le convertisseur et l'actionneur.
  - Étalonner l'élément final de contrôle.
  - Vérifier le fonctionnement de l'élément final de contrôle.

- ✓ Participer à la mise en service d'un système de contrôle-commande.
  - Effectuer des tests hors tension.
  - Mettre en service la partie commande.
  - Procéder au démarrage du système de contrôle-commande.
  - Optimiser le fonctionnement du procédé.

- ✓ Effectuer le dépannage d'un système de contrôle-commande.
  - Recueillir l'information sur la défectuosité et l'analyser.
  - Diagnostiquer le problème de fonctionnement.
  - Remplacer les composants ou les appareils défectueux.
  - Faire les réglages nécessaires.
  - Remettre en service le système de contrôle-commande.
  - Faire le suivi du dépannage.

- ✓ Participer à la conception d'un projet de contrôle-commande.
  - Déterminer les stratégies de contrôle-commande à utiliser.
  - Déterminer les besoins matériels.

MÉTHODOLOGIE

THÉORIE

Ce cours comporte trois heures de théorie et trois heures de laboratoire par semaine. Le professeur présentera la théorie à l'aide d'exposés magistraux. De plus, des exemples pratiques seront toujours présentés afin d'illustrer les plus fidèlement possibles différentes situations.
Des exercices en classe et à la maison vous seront proposés en vue d'améliorer vos connaissances tout en permettant de voir votre cheminement et d'y apporter les correctifs si nécessaires.

LABORATOIRE

Les laboratoires s'effectueront individuellement ou en équipe de deux selon la disponibilité du matériel. Trois heures de laboratoires par semaine étant très peu, donc il vous faudra préparer vos laboratoires avant de vous présenter à ceux-ci sinon le temps sera trop court et vous n'atteindrez pas les buts visés. Ceci dit, il faudra lire d'avance le laboratoire, préparer le matériel requis et faire le montage si possible avant d'arriver en laboratoire. Chaque élève doit réaliser les montages. La présence de tous les élèves au laboratoire est obligatoire. Lorsque le matériel sera insuffisant, le professeur avisera les étudiants que le laboratoire se fera en équipe de deux.

La fonctionnalité ainsi que la qualité du montage sera évaluée et notée à chaque laboratoire. Cette évaluation pourra comprendre des questions de compréhension ou des directives concernant des mesures à démontrer au professeur en temps réel pendant le laboratoire. L'évaluation de la fonctionnalité devra se faire au moment indiqué par le professeur. Le temps alloué devra être respecté comme un des critères de fonctionnalité.

Les laboratoires seront consignés dans un cahier cartable et le professeur peut en tout temps le consulter. Le cahier de laboratoire facilitera la compréhension et sera utilisé pour réviser la matière avant les examens. Donc, il sera très important que chaque étudiant complète ses laboratoires dans son cahier.

EN LABORATOIRE, CHAQUE ÉTUDIANT DEVRA PORTER UNE PAIRE DE LUNETTE DE SÉCURITÉ. DES ERREURS DE MONTAGES PEUVENT ENTRAÎNER LA DESTRUCTION DE COMPOSANTES ÉLECTRONIQUES. CETTE SITUATION EST DANGEREUSE À PLUSIEURS POINTS DE VUE. LA SÉCURITÉ EST TRÈS IMPORTANTE ET DE CE FAIT LES LUNETTES DE SÉCURITÉ EN LABORATOIRE SERONT OBLIGATOIRES SOUS PEINE D'EXPULSION DU LABORATOIRE.

JOURNÉES D'ÉTUDES ET D'ENCADREMENT

Les journées d'études et d'encadrement auront lieu du 28 octobre au 1er novembre. Ces journées seront privilégiées pour des rencontres individuelles ou en petit groupe avec des élèves en difficulté concernant des reprises d'activités de laboratoire manquées ou à compléter, des explications sur des devoirs et des exercices supplémentaires.

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES ET CONTENU

MODULE #1 — ALIMENTATIONS À TRÈS BASSE TENSION — 9 HRES

OBJECTIFS

À la fin de ce module, l'élève sera en mesure d':

- ✓ analyser un bloc d'alimentation à courant continu
- ✓ comprendre la différence entre une alimentation linéaire et à découpage
- ✓ choisir un dissipateur thermique
- ✓ vérifier la fonctionnalité d'une alimentation à courant continu
- ✓ réaliser une alimentation à courant continu linéaire bipolaire
- ✓ relever des mesures et formes d'ondes dans le circuit
- ✓ modifier le circuit selon des critères prévus

CONTENU

- ✓ Transformateur
- ✓ Redresseur à diodes
- ✓ Condensateur de filtration
- ✓ Régulateur série en circuit intégré
- ✓ Régulateur parallèle (diode zéner)
- ✓ Technologies linéaire, découpage et correction de facteur de puissance
- ✓ Dissipateur thermique

ACTIVITÉS D'APPRENTISSAGE

- ✓ Exercices en classe et à la maison
- ✓ Laboratoire #1 Étude de blocs d'alimentation CC (6 heures - équipe)

MODULE #2 LES TRANSISTORS ET DIODES 6 HRES

OBJECTIFS

À la fin de ce module, l'élève sera en mesure d':

- ✓ analyser des circuits avec diodes et transistors bipolaires
- ✓ vérifier la fonctionnalité des montages avec diode et transistor
- ✓ analyser le fonctionnement d'un optocoupleur
- ✓ ajuster un montage selon des critères de performance
- ✓ modifier le circuit selon des critères prévus
- ✓ tester des semi-conducteurs de puissance

CONTENU

- ✓ Transistor bipolaire
- ✓ Montage en commutation
- ✓ Test d'un transistor
- ✓ Vitesse d'opération d'un transistor
- ✓ DEL
- ✓ Diode standard
- ✓ Test de diode
- ✓ Fonction logique à diodes
- ✓ Diode de commutation
- ✓ Diode Schottky
- ✓ Isolation et Optocoupleurs

ACTIVITÉS D'APPRENTISSAGE

- ✓ Exercices en classe et à la maison
- ✓ Laboratoires #2 Contrôle d'éclairage avec gradateur (3 heures – équipe)
- ✓ Laboratoires #3 Applications de contrôle de triac (3 heures)
- ✓ Laboratoire #4 Les semi-conducteurs à faible puissance (3 heures - équipe)

MODULE #3 LES CIRCUITS D'AMORÇAGE DE THYRISTORS ET TRIACS 6 HRES

OBJECTIFS

À la fin de ce module, l'élève sera en mesure d':

- ✓ vérifier un thyristor et triac
- ✓ analyser des circuits d'amorçage de thyristors et triacs en monophasé
- ✓ analyser des circuits d'amorçage de thyristors en triphasé

CONTENU

- ✓ Test de thyristor et triac
- ✓ Sélectionner un thyristor et triac selon des critères spécifiques
- ✓ Commandes linéaire et arc-cosinus
- ✓ Relation de l'angle d'amorçage et la tension de sortie
- ✓ Amplificateurs pour signaux de gâchette
- ✓ Isolation entre la commande et la puissance
- ✓ Fonctionnement en redresseur et gradateur

ACTIVITÉS D'APPRENTISSAGE

- ✓ Exercices en classe et à la maison
- ✓ Laboratoire #5 Redresseur contrôlé monophasé (TCA 785) (6 heures - équipe)

MODULE #4 LES CIRCUITS D'AMORÇAGE DE TRANSISTORS 6 HRES

OBJECTIFS

À la fin de ce module, l'élève sera en mesure d':

- ✓ vérifier des transistors (BJT, MOSFET et IGBT)
- ✓ analyser des circuits d'amorçage de MOSFET et IBGT
- ✓ réaliser des circuits d'amorçage de MOSFET ou IBGT
- ✓ prendre des mesures dans les circuits d'amorçage de transistors

CONTENU

- ✓ Test de transistors
- ✓ Rappel de transistors en commutation
- ✓ Caractéristiques d'entrée/sortie de transistors
- ✓ Fonctionnement en hacheur et onduleur autonome

ACTIVITÉS D'APPRENTISSAGE

- ✓ Exercices en classe et à la maison
- ✓ Laboratoires #6 Circuits d'attaque de MOSFET (SG 3524) (6 heures - équipe)

MODULE #5 L'ENTRAÎNEMENT À VITESSE VARIABLE CC 6 HRES

OBJECTIFS

À la fin de ce module, l'élève sera en mesure d':

- ✓ mettre en évidence l'utilisation d'un variateur de vitesse
- ✓ expliquer le principe des variateurs de vitesse CC
- ✓ présenter les avantages et inconvénients des variateurs de vitesse
- ✓ comprendre la documentation technique d'un variateur de vitesse CC
- ✓ brancher et mettre en service un variateur de vitesse (DRIVE CC) pour un moteur shunt à excitation séparée
- ✓ réaliser l'ajustement des potentiomètres
- ✓ prendre des mesures

CONTENU

- ✓ Différence entre un variateur de vitesse CC de type redresseur et un type hacheur
- ✓ Redresseur / Onduleur non autonome
- ✓ Documentation technique de la Drive KBRG
- ✓ Entrées / Sorties (borniers de contrôle et de puissance)
- ✓ Contrôle de vitesse et de couple
- ✓ Feedback de vitesse
- ✓ Maître esclave

ACTIVITÉS D'APPRENTISSAGE

- ✓ Exercices en classe et à la maison
- ✓ Laboratoires #7 Entraînement CC "KBRG" (3 heures - équipe)

MODULE #6 LE DÉMARREUR STATIQUE 6 HRES

OBJECTIFS

À la fin de ce module, l'élève sera en mesure d':

- ✓ mettre en évidence le choix d'un système de démarrage
- ✓ expliquer le principe des démarreurs pleine tension et à tension réduite
- ✓ présenter les avantages et inconvénients des systèmes de démarrage à tension réduite
- ✓ comprendre la documentation technique d'un démarreur électronique (progressif)
- ✓ brancher et mettre en service un démarreur électronique pour un moteur d'induction triphasé
- ✓ prendre des mesures

CONTENU

- ✓ Impact d'un système de démarrage
- ✓ Méthodes de démarrage (pleine tension et tension réduite)
- ✓ Principes de démarrage à tension réduite (résistance, réactance, auto-transformateur, enroulement partiel, étoile-delta et électronique)
- ✓ Caractéristiques couple-courant en fonction de la vitesse

ACTIVITÉS D'APPRENTISSAGE

- ✓ Exercices en classe et à la maison
- ✓ Laboratoire #8 Démarreur statique (3 heures – équipe)
- ✓ Projet : Redresseur contrôlé triphasé (TCA 785) (9 heures – équipe)

MODULE #7 LE VARIATEUR DE VITESSE CA 6 HRES

OBJECTIFS

À la fin de ce module, l'élève sera en mesure de (d'):

- ✓ mettre en évidence l'utilisation d'un variateur de vitesse
- ✓ expliquer le principe des variateurs de vitesse
- ✓ présenter les avantages et inconvénients des variateurs de vitesse
- ✓ comprendre la documentation technique d'un variateur de vitesse CA
- ✓ brancher et mettre en service un variateur de vitesse (DRIVE CA) pour un moteur d'induction triphasé
- ✓ réaliser des ajustements en mode Volt/Hz, mode vectorielle sans codeur et en mode vectorielle en boucle fermée
- ✓ prendre des mesures

CONTENU

- ✓ Différence en un variateur de vitesse VVI et PWM
- ✓ Principe des systèmes VVI et PWM
- ✓ Documentation technique de la POWERFLEX 4 et 70
- ✓ Paramètres de programmation
- ✓ Boucle ouverte (V/Hz et vectorielle sans encodeur)
- ✓ Boucle fermée (vectorielle avec encodeur)
- ✓ Paramétrage IP

ACTIVITÉS D'APPRENTISSAGE

- ✓ Exercices en classe et à la maison
- ✓ Laboratoire #9 Le variateur de vitesse pour moteur CA (3 heures – équipe)

ÉVALUATIONS

L'évaluation de ce cours portera sur les activités théoriques et pratiques réalisées. Il y aura deux (2) examens théoriques au cours de la session. De plus, un examen théorique sur toute la matière vue en classe se donnera dans la semaine d'examen final.

De plus, vous serez évalué sur votre travail (préparation et compte-rendu) à chaque laboratoire. Cette évaluation tient compte de votre esprit d'analyse, de la fonctionnalité, de la qualité de votre travail, du respect des normes de montage ainsi que l'aspect sécuritaire.

RÉSUMÉ DES ÉVALUATIONS

Test théorique #1	Modules #1 et #2	10%
Test théorique #2	Modules #3 et #4	10%
Préparation et travaux de laboratoire	Session	40%
Projet de laboratoire		10%
Test final	Modules #1 à #7	30%
	TOTAL	**100%**

CRITÈRES D'ÉVALUATION

EXAMENS THÉORIQUES

L'élève doit présenter tous les calculs nécessaires pour solutionner le problème. La réponse sera toujours encerclée ou en évidence de sorte qu'il n'y ait aucune ambiguïté.

FONCTIONNALITÉ DES LABORATOIRES

La vérification de la fonctionnalité consistera surtout à s'assurer que le circuit monté effectue de façon précise et complète la tâche (fonction) pour laquelle il a été conçu et à l'intérieur du temps prescrit. De plus, les circuits seront montés selon les règles de l'art:

- ✓ les fils les plus courts possible sans croisement;
- ✓ la couleur des fils utilisés;
- ✓ le pliage des fils et disposition à angle droit;
- ✓ disposition des pièces;
- ✓ réglages précis des appareils et composants;
- ✓ remplacement de pièces nullement défectueuses;
- ✓ espacement suffisant;
- ✓ connexions solides et connecteurs appropriés (sécuritaires).

Tous bris majeur de matériel par négligence de l'élève entraîneront une perte de points à la discrétion du professeur selon la circonstance. La négligence consiste aussi à brancher des composants par essais et erreurs. Toute atteinte aux consignes de sécurité et aux codes élémentaires de comportement mettant en danger la santé de l'élève et/ou du matériel entraînera une note de 0!

ÉVALUATION DU FRANÇAIS

D'une manière générale, la qualité de la langue française fera l'objet d'une évaluation. Dans les comptes-rendus de laboratoire et/ou rapport, 10% de la note sera consacré à l'évaluation de la qualité de l'écriture.

RÉTROACTION

La rétroaction se fera tout au long de la session. Les élèves sont invités à donner leurs commentaires par écrit ou verbalement sur l'orientation, la méthodologie, le contenu, les tests, la correction ou tout autre aspect qui pourrait améliorer le cours.

CALENDRIER DES ACTIVITÉS

THÉORIE

SEMAINE	SUJET	NB PÉRIODE (hres)
1-2-3	Module #1	9
4-5	Module #2	6
6	**Test théorique #1 et correction**	**2 + 1**
7-8	Module #3	6
9	Module #4	3
10	**Test théorique #2 et correction**	**2 + 1**
11-12	Module #5	6
13-14	Module #6	6
15	Module #7	3
16	**Test final**	**2**

LABORATOIRES

SEMAINE	LABORATOIRE	SUJET	NB PÉRIODE (hres)
1-2	Lab #1	Étude de blocs d'alimentation CC	6
3	Lab #2	Contrôle d'éclairage avec gradateur	3
4	Lab #3	Applications de contrôle de triac	3
5	Lab #4	Les semi-conducteurs à faible puissance	3
6-7	Lab #5	Redresseur contrôlé monophasé (TCA 785)	6
8-9	Lab #6	Circuits d'attaque de MOSFET (SG 3524)	6
10	Lab #7	Entraînement CC "KBRG"	3
11	Lab #8	Démarreur statique	3
12-13-14	Projet	Redresseur contrôlé triphasé (TCA 785)	9
15	Lab #9	Le variateur de vitesse pour moteur CA	3

MÉDIAGRAPHIE

VOLUME OBLIGATOIRE ET MATÉRIEL DE LABORATOIRES

- Trussart, Louis, Circuits électroniques, Éditronique Éditeur, 2006, Montréal, Québec
- Notes de cours et cahier de laboratoires
- Wildi, Théodore, *Électrotechnique*, 4ième éd., Presses de l'Université Laval, Québec, 2005.

Référence utile :

Manuel d'utilisateur du variateur de vitesse ca AB POWERFLEX 4ou 40
Manuel d'utilisateur du variateur de vitesse cc KBRG
Fiches du manufacturier des semiconducteurs : TCA785, SG3524 etc..

SITES INTERNET

- www.irf.com
- www.ixys.com
- www.nteinc.com
- www.powerdesigners.com
- www.pwrx.com
- www.ab.com

MATÉRIEL DE LABORATOIRES

- Lunette de sécurité (lors de montage sur breadboard)
- Botte de sécurité
- Plaquette de montage (breadboard) dédiée ***exclusivement*** à ce cours